

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 04307984  
PUBLICATION DATE : 30-10-92

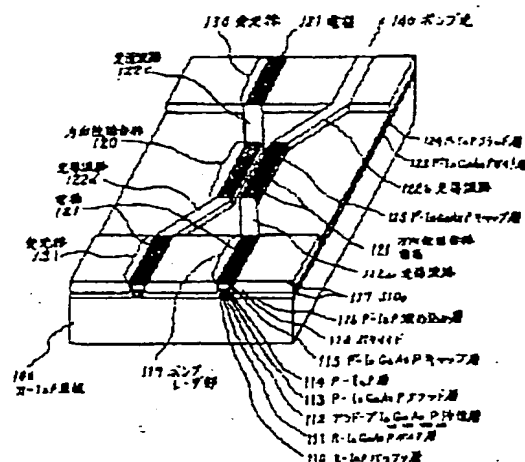
APPLICATION DATE : 05-04-91  
APPLICATION NUMBER : 03072683

APPLICANT : NEC CORP;

INVENTOR : SHIMIZU JUNICHI;

INT.CL. : H01S 3/18 H01L 21/66

TITLE : OPTICAL INTEGRATED ELEMENT



**ABSTRACT :** PURPOSE: To obtain a small-sized optical integrated element which is not affected by influence of a parasitic reactance by integrating a pump laser for outputting a pumping light, an optical waveguide for guiding the light to a semiconductor laser to be measured, an optical path switching unit for separating an optical output from the laser to be measured from the light, and a photodetector on the same semiconductor substrate.

**CONSTITUTION:** A pump laser 119, optical waveguides 122a, 122b, 122c, 122d, a directional coupler 120, and photodetectors 130, 131 are integrated on an n-type InP substrate 100. The laser 119 is modulated by a modulation current from a network analyzer, and its optical output is input to the coupler 120 through the waveguide 122a. Then, a pumping light 140 is emitted from an element through the waveguide 122b, injected to the laser to be measured, and optically modulated. Then, the light to be measured is input from the waveguide 122b to the coupler 120. The light to be measured is coupled to the waveguide 122d, converted by the photodetector 131 to an electric signal, and input to the analyzer.

**COPYRIGHT:** (C)1992,JPO&Japio

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-307984

(43) 公開日 平成4年(1992)10月30日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18		9170-4M		
H 0 1 L 21/66	C	7013-4M		
	X	7013-4M		

審査請求 未請求 請求項の数3(全6頁)

(21) 出願番号 特願平3-72683

(22) 出願日 平成3年(1991)4月5日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 清水 淳一

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内

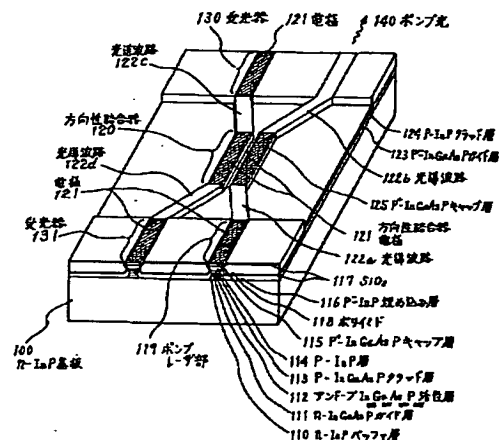
(74) 代理人 弁理士 内原 晋

(54) 【発明の名称】 光集積素子

(57) 【要約】

【目的】 被測定半導体レーザの実装形態に拘らず寄生リアクタンスの影響を受けずに、簡便に短時間で半導体レーザの周波数応答を測定する装置の一部の小型化。

【構成】 ポンプレーザと方向性結合器と受光器を同一基板上に集積し、外部入力によってポンプレーザを変調し、ポンプレーザの光出力であるポンプ光を被測定半導体レーザに注入することで光学的に被測定半導体レーザを変調し、被測定半導体レーザの光出力を光導波路に結合し、ポンプレーザの光出力との光学的な分離を方向性結合器によって行い、変調された被測定半導体レーザの光出力を受光器で電気信号に変換する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に、ポンプ光を出力するポンプレーザと、ポンプ光を受光する受光器と、前記ポンプ光を被測定半導体レーザに導く光導波路と、前記被測定半導体レーザからの光出力を前記ポンプ光と分離する光路切り替え装置と、前記被測定半導体レーザの光出力を受光する受光器を少なくとも集積しており、前記光路切り替え装置が方向性結合器であり、前記ポンプレーザの波長が前記被測定半導体レーザの利得波長よりも短波長側にあることを特徴とする光集積素子。

【請求項2】 半導体基板上に、ポンプ光を出力するポンプレーザと、ポンプ光を受光する受光器と、前記ポンプ光を被測定半導体レーザに導く光導波路と、前記被測定半導体レーザからの光出力を前記ポンプ光と分離する光路切り替え装置と、前記被測定半導体レーザの光出力を受光する受光器を少なくとも集積しており、前記光路切り替え装置が多重量子井戸を用いた全反射型光路切り替え光スイッチであり、前記ポンプレーザの波長が前記被測定半導体レーザの利得波長よりも短波長側にあることを特徴とする光集積素子。

【請求項3】 半導体基板上に、ポンプ光を出力するポンプレーザと、ポンプ光を受光する受光器と、前記ポンプ光を被測定半導体レーザに導く光導波路と、前記被測定半導体レーザからの光出力を前記ポンプ光と分離する光路切り替え装置と、前記被測定半導体レーザの光出力を受光する受光器を少なくとも集積しており、前記ポンプ光を受光する前記受光器と、前記被測定半導体レーザからの光出力を受光する前記受光器が同一であり、前記ポンプレーザの波長が前記被測定半導体レーザの利得波長よりも短波長側にあることを特徴とする光集積素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、小型で操作が容易で寄生リアクタンスの影響を受けない、半導体レーザの周波数応答測定装置に利用する光集積素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ通信の高速化にともなって、光源となる半導体レーザの高周波変調の応答特性を正確に評価することが重要となってきている。数GHz以上の高周波領域での応答を測定するに当たっての問題は、半導体レーザ素子やマウントの寄生リアクタンスである。すなわち、通常半導体レーザの高周波応答特性は、被測定半導体レーザの駆動電流を直接変調する方法で測定されているため、寄生リアクタンスの影響が避けられない。このため、より高周波になるほど本来の応答特性を正確に測定することが難しくなる。そこで、この寄生リアクタンスの影響を受けない半導体レーザの高周波応答測定方法として、被測定半導体レーザを電流で変調する代わりに外部からの変調された光で光学的に変調する光注入変調法が開発された。

【0003】 図4にこの従来例を示す。この測定方法については、雑誌「エレクトロニクスレターズ (Electron. Lett. 24pp1131-1132, 1988)」、雑誌「アプライドフィジックスレターズ (Appl. Phys. Lett. 55pp1704-1706, 1989)」に詳しく説明されているので、ここでは簡単に説明しておく。まず、被測定半導体レーザ40にはポンプ光を出力するポンプ用半導体レーザ41からの変調されたレーザ光が被測定半導体レーザ40の端面から注入される。ポンプ光はネットワークアナライザ42のポート1から出力される変調電流によって直接変調される。注入されたポンプ光の波長は被測定半導体レーザ40の利得波長内にある。このためポンプ光による誘導放出によって、被測定半導体レーザ40の活性層領域内のキャリア密度が変調され、活性層から出力される被測定光が変調される。ポンプ光の偏波面をTM偏波にして被測定光の偏波面と直交させるために半波長板43を用いている。被測定半導体レーザ40から反射されるポンプ光は偏光ビームスプリッタ44で反射するため、受光器45には被測定光だけが入射する。受光器45から発生する電気信号はネットワークアナライザ42のポート2に入力し、高周波応答特性が測定される。ネットワークアナライザ42は、変調されたポンプ光を直接受光器45にいったときの値を基準とすることで更正される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来例は、寄生リアクタンスの影響を受けたい半導体レーザの高周波応答測定装置として有効な装置であるが、改良すべき点を有している。それは、ポンプ用半導体レーザ、ポンプレーザ光と被測定光を分離するための光学系、受光器がバラック構成のために装置が大きくなるという点である。

【0005】 本発明の目的は、上述の従来例を改良し、簡便で寄生リアクタンスの影響を受けない半導体レーザ周波数応答測定装置の光学部品を集積する事で小型化することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の光集積素子は、その1つは、半導体基板上に、ポンプ光を出力するポンプレーザと、ポンプ光を受光する受光器と、前記ポンプ光を被測定半導体レーザに導く光導波路と、前記被測定半導体レーザからの光出力を前記ポンプ光と分離する光路切り替え装置と、前記被測定半導体レーザの光出力を受光する受光器を少なくとも集積しており、前記光路切り替え装置が方向性結合器であり、前記ポンプレーザの波長が前記被測定半導体レーザの利得波長よりも短波長側にあることを特徴とする構成である。

【0007】 第2は、半導体基板上に、ポンプ光を出力するポンプレーザと、ポンプ光を受光する受光器と、前

3

記ポンプ光を被測定半導体レーザに導く光導波路と、前記被測定半導体レーザからの光出力を前記ポンプ光と分離する光路切り替え装置と、前記被測定半導体レーザの光出力を受光する受光器を少なくとも集積しており、前記光路切り替え装置が多重量子井戸を用いた全反射型光路切り替え光スイッチであり、前記ポンプレーザの波長が前記被測定半導体レーザの利得波長よりも短波長側にあることを特徴とする構成である。

【0008】第3は、半導体基板上に、ポンプ光を出力するポンプレーザと、ポンプ光を受光する受光器と、前記ポンプ光を被測定半導体レーザに導く光導波路と、前記被測定半導体レーザからの光出力を前記ポンプ光と分離する光路切り替え装置と、前記被測定半導体レーザの光出力を受光する受光器を少なくとも集積しており、前記ポンプ光を受光する前記受光器と、前記被測定半導体レーザからの光出力を受光する前記受光器が同一であり、前記ポンプレーザの波長が前記被測定半導体レーザの利得波長よりも短波長側にあることを特徴とする構成である。

【0009】

【実施例】次に、本発明について図面を参照して説明する。

【0010】図1は、本発明の第1の実施例を説明するための図であり、半導体レーザの周波数応答測定装置を構成する光学部品を集積化した光集積素子を示す。半導体基板上に、ポンプレーザ、ポンプレーザ光と被測定光を分離するための光学系、受光器が集積されているため、図4に示した従来例よりも小型化が可能である。以下、図1を参照しながら第1の実施例の製造方法を説明し、次に使用方法を説明する。

【0011】n型InP基板100上に有機金属気相成長法によって、n-InPバッファ層110（層厚1.0 $\mu$ m）、n-InGaAsPガイド層111（層厚0.5 $\mu$ m）、アンドープIn<sub>0.75</sub>Ga<sub>0.25</sub>As<sub>0.55</sub>P<sub>0.45</sub>活性層112（層厚0.1 $\mu$ m、波長1.3 $\mu$ m）、p-InGaAsPクラッド層113（層厚0.1 $\mu$ m）、p-InP層114（層厚0.5 $\mu$ m）、p-InGaAsPキャップ層115（層厚0.2 $\mu$ m）を順次積層する。ここで、SiO<sub>2</sub>よりなるマスクを施し、1%Brメタノールエチントをもちいてポンプレーザ119、受光器130、131を逆メサ型にn-InPバッファ層110まで除去する。この際、活性層112の幅が1 $\mu$ mになるように制御する。次に、p-InP埋め込み層116（層厚0.5 $\mu$ m）を積層し、SiO<sub>2</sub>マスクを除去する。方向性結合器と光導波路を形成する部分以外にはSiO<sub>2</sub>のマスクを施し、アンドープIn<sub>0.55</sub>Ga<sub>0.45</sub>As<sub>0.45</sub>P<sub>0.55</sub>ガイド層123（層厚0.4 $\mu$ m、波長1.15 $\mu$ m）、p-InPクラッド層124（層厚0.5 $\mu$ m）、p-InGaAsPキャップ層125（層厚0.2 $\mu$ m）をInP埋め込

4

み層116上に順次積層する。この際、InGaAsPガイド層123がInGaAsPガイド層111と接するようにする。SiO<sub>2</sub>マスクを除去し、方向性結合器120、光導波路122は、反応性イオンビームエッチングでリブを形成することにより、横方向の閉じ込めをおこなう。最後に素子の凹部をポリイミド118で埋め込み、ポリイミド上部をSiO<sub>2</sub>で覆い、キャップ層上に電極121を蒸着して、本発明の光集積素子が完成する。なお図1では、ボンディングパッドなどは発明の本質的な特徴ではないために示されていない。

【0012】本発明の光集積素子を用いて被測定半導体レーザの高周波応答特性を測定する方法は、基本的には前述の従来方法と同じであるが、以下具体的に説明する。被測定レーザとして波長1.55 $\mu$ mのファブリペロー型レーザを用いる場合について述べる。ネットワークアナライザに接続されたポンプレーザは、ネットワークアナライザからの変調電流によって直接変調される。波長1.3 $\mu$ mのポンプレーザの光出力は光導波路122aを通して方向性結合器120にはいるが、方向性結合器の完全結合長が適当ならば方向性結合器に印加する電圧が無いときバー状態となり、光導波路122bを通してポンプ光140は素子から出射する。この出射したポンプ光140を被測定半導体レーザに注入し、被測定半導体レーザを光変調する。変調された被測定半導体レーザからの光出力である波長1.55 $\mu$ mの被測定光は光導波路122bから、方向性結合器120に入る。ポンプ光と被測定光の波長の違いは $\Delta\beta$ の違いとなるから、被測定光はクロス状態となって光導波路122dに結合し、受光器131で光信号から電気信号に変換されネットワークアナライザに入力する。本発明は光集積素子であるから、受光器130と受光器131は同一の特性が実現できる。従って、ネットワークアナライザは、方向性結合器120に適当な電圧を印加してポンプ光を光導波路122cに結合し、受光器130で検出したときの値を基準とすることで更正される。この更正値を保存しておけば、測定の度にいちいち更正をより直す必要はない。この測定装置を使えば、マウントなどの寄生リアクタンスの影響を受けずに20GHz以上の高周波領域まで測定できる半導体レーザ高周波応答測定装置を小型化できる。

【0013】図2は、本発明の第2の実施例を説明するための図であり、半導体レーザの高周波応答測定を測定するための光集積素子を表す。第1の実施例との主な違いは、被測定半導体レーザからの光出力をポンプ光と分離する光路切り替え装置に多重量子井戸構造の電界による屈折率変化を利用した全反射型光路切り替え光スイッチを用いている点である。このため第1の実施例とは、多少製造方法が異なる。以下、図2を参照しながら第2の実施例の製造方法を説明し、使用方法を説明する。

【0014】第2の実施例は、n型InP基板200上

に有機金属気相成長法によって、 $n$ -InPバッファ層210 (層厚1.0  $\mu\text{m}$ )、 $n$ -InGaAsPガイド層211 (層厚0.5  $\mu\text{m}$ )、アンドープInGaAsP/InP多重量子井戸活性層212 (層厚0.1  $\mu\text{m}$ 、波長1.3  $\mu\text{m}$ )、 $p$ -InGaAsPクラッド層213 (層厚0.1  $\mu\text{m}$ )、 $p$ -InP層214 (層厚0.5  $\mu\text{m}$ )、 $p$ -InGaAsPキャップ層215 (層厚0.2  $\mu\text{m}$ )を順次積層する。ここで、 $\text{SiO}_2$ よりなるマスクを施し、1%Brメタノールエチントをもちいてポンプレーザ219、全反射光路切り替え光スイッチ225、受光器230、231を逆メサ型に $n$ -InPバッファ層210まで除去する。この際、活性層212の幅が1  $\mu\text{m}$ 、全反射光路切り替え光スイッチ部225の多重量子井戸層226の幅が0.5  $\mu\text{m}$ になるように制御する。次に、 $p$ -InP埋め込み層216 (層厚0.5  $\mu\text{m}$ )を積層し、 $\text{SiO}_2$ マスクを除去する。光導波路形成部以外には、 $\text{SiO}_2$ のマスクを施し、アンドープIn<sub>0.52</sub>Ga<sub>0.48</sub>As<sub>0.40</sub>P<sub>0.60</sub>ガイド層223 (層厚0.6  $\mu\text{m}$ 、波長1.15  $\mu\text{m}$ )、 $p$ -InPクラッド層224 (層厚0.5  $\mu\text{m}$ )をInP埋め込み層216上に順次積層する。この際、InGaAsPガイド層223が光スイッチ部多重量子井戸層226、 $n$ -InGaAsPガイド層211と接するようにし、 $\text{SiO}_2$ マスクを除去する。全反射型光路切り替え光スイッチ225、光導波路222は、反応性イオンビームエッチングでリブを形成することにより、横方向の閉じ込めをおこなう。最後のポリイミド、電極形成の工程は第1の実施例と同様である。なお図2でも、ボンディングパッドなどは発明の本質的な特徴ではないために示されていない。第1の実施例との違いの一つは、ポンプレーザの活性層212及び受光器230、231の光吸収層にInGaAsP/InPの多重量子井戸を用いている点である。これは、被測定半導体レーザからの光出力を前記ポンプ光と分離する光路切り替え装置に多重量子井戸構造の電界による屈折率変化を利用する全反射型光路切り替え光スイッチ225を用いていることから、プロセスの整合性は第1の実施例よりも良い。

【0015】本発明の光集積素子を用いて被測定半導体レーザの高周波応答特性を測定する方法は、第1の実施例と同じであるが、被測定光とポンプ光の分離に全反射型光路切り替え光スイッチを用いたので、この点を説明する。多重量子井戸構造に電界を印加するとエキシトン吸収ピーム付近では負の屈折率変化が生じ、この効果を利用すると全反射型光スイッチが実現できることは公知である。従って、波長1.3  $\mu\text{m}$ のポンプ光は電極221を用いて多重量子井戸に電界が印加されていれば光導波路222aから222bに全反射される。一方、光導波路222bに結合した波長1.55  $\mu\text{m}$ の被測定光は多重量子井戸の吸収端よりも長波長側にあるために屈折率の変化は受けず、損失もほとんどなく、光導波路22

2dに結合し、受光器231で検出される。本発明も第1の実施例と同様に光集積素子であるから、受光器231と受光器230の特性は同一にできる。従って、測定装置の更正は、多重量子井戸に電界を印加しない状態で、ポンプ光を受光器230で検出したときの値を基準とする事でおこなえる。

【0016】図3は、第3の実施例を説明するための図である。第1の実施例、第2の実施例は、それぞれ受光器130と131、230と231が同一の特性である必要があるが、結晶成長あるいはプロセスの不備などで特性が異なる場合も考えられる。そこで、ポンプ光を受光する受光器と被測定光を受光する受光器を同一とした。以下図3を参照しながら説明する。

【0017】図3は、第2の実施例において、ポンプ光を受光する受光器と被測定光を受光する受光器を同一とする例を示している。製造方法は基本的に第2の実施例と同様であるが、第2の実施例における受光器230を無くし、新たに光導波路301、高反射膜300を設けている。測定装置の更正の際に、ポンプ光は光導波路222cから高反射膜300によって反射され光導波路301に結合し、受光器231で検出される。

【0018】以上3つの実施例について詳しく説明したが、以下で若干の補足をする。まず、被測定半導体レーザの波長であるが、1.55  $\mu\text{m}$ に限らず、ポンプ光の波長等を被測定半導体レーザに合わせれば、適用できることはいうまでもない。また、ポンプレーザの構造などはこの例に限定されていない。

【0019】

【発明の効果】以上説明したように本発明の半導体周波数応答測定装置によれば、簡便で寄生リアクタンスに影響されない小型の光集積素子ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を説明するための図である。

【図2】本発明の第2の実施例を説明するための図である。

【図3】本発明の第3の実施例を説明するための図である。

【図4】本発明の光集積素子を使用しない従来の半導体周波数応答測定装置を説明するための図である。

【符号の説明】

40	被測定半導体レーザ
41	ポンプ用半導体レーザ
42	ネットワークアナライザ
43	半波長板
44	偏光ビームスプリッタ
45	受光器
100	$n$ -InP基板
110	$n$ -InPバッファ層
111	$n$ -InGaAsPガイド層

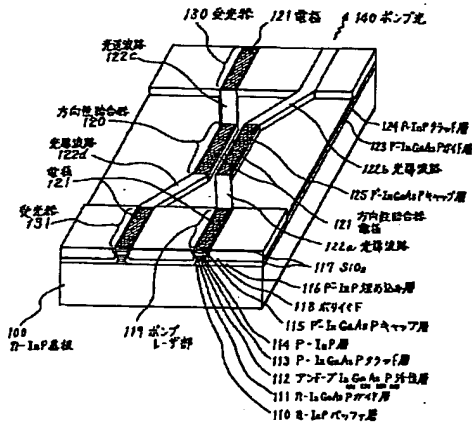
(5)

特開平4-307984

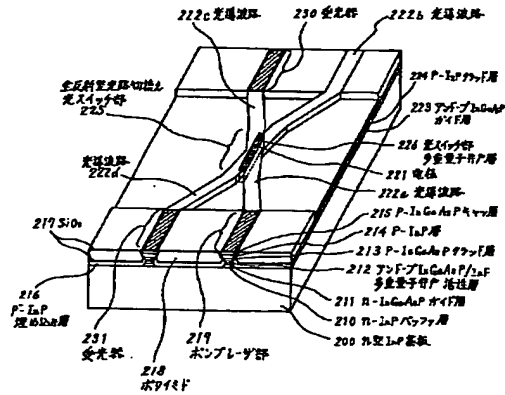
- 7
- 112 アンドープInGaAsP活性層
  - 113 p-InGaAsPクラッド層
  - 114 p-InP層
  - 115 p-InGaAsPキャップ層
  - 116 p-InP埋め込み層
  - 117 SiO<sub>2</sub>
  - 118 ポリイミド
  - 119 ポンプレーザ
  - 120 方向性結合器
  - 121 電極
  - 122a、122b、122c、122d 光導波路
  - 123 p-InGaAsPガイド層
  - 124 p-InPクラッド層
  - 125 p-InGaAsPキャップ層
  - 130、131 受光器
  - 140 ポンプ光
  - 200 n-InP基板
  - 210 n-InPバッファ層
  - 211 n-InGaAsPガイド層

- 8
- 212 アンドープInGaAsP/InP多重量子井戸活性層
  - 213 p-InGaAsPクラッド層
  - 214 p-InP層
  - 215 p-InGaAsPキャップ層
  - 216 p-InP埋め込み層
  - 217 SiO<sub>2</sub>
  - 218 ポリイミド
  - 219 ポンプレーザ
  - 221 電極
  - 222a、222b、222c、222d 光導波路
  - 223 p-InGaAsPガイド層
  - 224 p-InPクラッド層
  - 225 全反射型光路切り替え光スイッチ
  - 226 光スイッチ部多重量子井戸
  - 230、231 受光器
  - 300 高反射膜
  - 301 光導波路

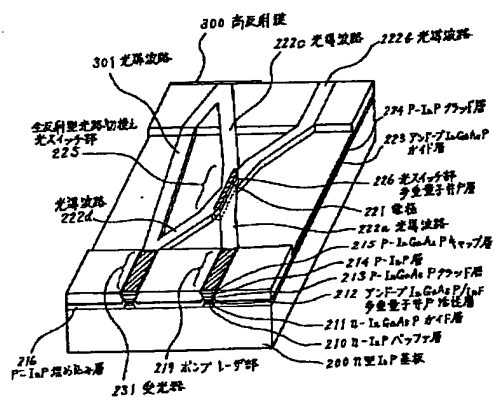
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

